Experimental Physik II
FSU Jena - Klausur SS 1996
- Lösungen -

Stilianos Louca

26. Juli 2007

Aufgabe 01

Sei $I = I_0 \cos\omega t$ der im Leiter fliesende Strom. Die Leitungsstromdichte $\vec{j}$ ist gegeben durch

$$\vec{j} = \frac{\vec{E}}{\rho}$$

wobei $\vec{E} = \vec{E}_0 \sin\omega t$ das im Leiter wirkende E-Feld ist. Die Verschiebungsstromdichte $\vec{d} := \dot{\vec{D}}$ ist gegeben durch

$$\vec{d} = \dot{\vec{D}} = \frac{d}{dt}\left(\varepsilon\varepsilon_0\vec{E}\right) = \varepsilon\varepsilon_0\dot{\vec{E}} = \varepsilon\varepsilon_0\omega\vec{E}_0\cos\omega t$$

woraus folgt

$$\frac{\left|\vec{d}\right|}{\left|\vec{j}\right|} = \frac{\rho\varepsilon\varepsilon_0\omega\cos\omega t}{\sin\omega t}$$

bzw. für die Beziehung zwischen den Amplituden $\vec{j}_0$ und $\vec{d}_0$:

$$\frac{d_0}{j_0} = \rho\varepsilon\varepsilon_0\omega$$

Der Verschiebungsstrom $\vec{d}$ überwiegt wenn

$$\omega > \frac{1}{\rho\varepsilon\varepsilon_0}$$

was etwa in der Grösenordnung von $10^{18} Hz$ liegt.

Aufgabe 02

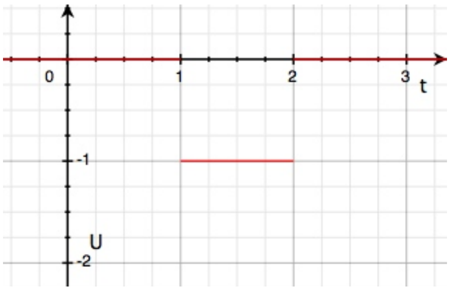
Sei $\vec{B}_n$ die Komponente des B-Feldes die senkrecht zur Quadratfläche zeigt, ρ der spezifische Widerstand, ξ die Dichte und c die spezifische Wärmekapazität des Eisens. Der gesamte Widerstand R des Rahmens ist gegeben durch

$$R = \frac{16a\rho}{\pi d^2}$$

Sei t_0 der Zeitpunkt an dem der Rahmen anfängt in das Feld einzudringen. Dann gilt für die induzierte Spannung $U_i(t)$:

$$U_i = -\dot{\Phi} = \begin{cases} 0 & : t < t_0 \\ -Bva & : t \in \left[t_0, t_0 + \frac{v}{a}\right] \\ 0 & : t > t_0 \end{cases}$$

Für $Bav = 1\ Einh$, und $t_0 = a/v = 1\ Einh.$ sieht der Spannungsverlauf wie folgt aus



Es wird also nur eine Spannung induziert solange der Rahmen noch *am Eindringen* ist. Dann ergibt sich der entsprechende Strom I als

$$I = \frac{U_i}{R} = \frac{Bva}{R}$$

und somit eine Leistung

$$P = \frac{U_i^2}{R} = \frac{B^2v^2a^2}{R}$$

Die gesamte geleistete Arbeit ergibt sich also aus

$$W = P \cdot \frac{a}{v} = \frac{B^2va^3}{R}$$

was zur Erwärmung des Rahmens führt. Die Temperaturerhöhung ergibt sich also aus

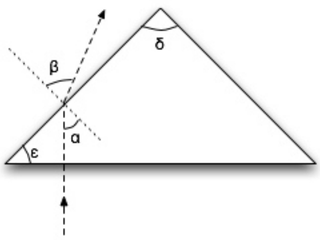
$$\Delta T = \frac{W}{mc} = \frac{B^2va}{16\rho\xi c}$$

Bemerkung: Wir haben angenommen dass ρ und ξ etwa konstant bleiben, die Temperaturerhöhung also genügend klein ist!
Da beim herausreißen die gleiche Spannung U_i erzeugt wird (nur entgegengesetzt) und der Vorgang genauso lange dauert, ist die erzeugte Arbeit und somit auch die nochmalige Temperaturerhöhung gleich. Ist also T_0 seine Anfangstemperatur gewesen, und gehen wir von keinerlei Temperaturaustausch mit der Umgebung aus, so ergibt sich die neue Temperatur als

$$T = T_0 + 2\Delta T = T_0 + \frac{B^2va}{8\rho\xi c}$$

Aufgabe 03

Annahme: Der Winkel $\varepsilon = 40°$ ist zwischen den beiden betroffenen Grenzflächen gemeint (Siehe Bild). Wir wollen erst mal den ersten Fall betrachten.



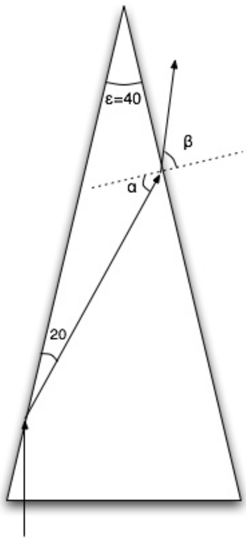
Der Auslenk-Winkel ist gegeben durch $\gamma = \beta - \alpha$. Aus dem Bild liest man ab $\alpha = \varepsilon$. Aufgrund des Snellniousschen Brechungsgesetzes gilt $\sin\beta = n\sin\alpha = n\sin\varepsilon$, also

$$\sin\gamma = \sin(\beta - \alpha) = \sin\beta\cos\alpha - \cos\beta\sin\alpha = n\sin\varepsilon\cos\varepsilon - \sqrt{1 - n^2\sin^2\varepsilon} \cdot \sin\varepsilon = \frac{1}{\sqrt{2}}\sin 2\varepsilon - \sqrt{\cos 2\varepsilon} \cdot \sin\varepsilon$$

bzw.

$$\gamma \approx 25.4°$$

Zweiter Fall: Angenommen $\varepsilon = 40°$ ist der gegenüberliegende Winkel. Es tritt Totalreflexion auf und der Lichtstrahl breitet sich wie folgt aus



Durch geometrische Überlegungen kommt man auf $\alpha = 30°$. Da $\sin\beta = n\sin\alpha$ folgt dass $\beta = 45°$ und der Abweichungs-Winkel $\gamma = 25°$ sind.

Aufgabe 04

Sei g der Abstand Dia-Objektiv. Nach der Linsengleichung gilt

$$\frac{1}{g} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f_0} \;\rightarrow\; g = \frac{bf_0}{b - f_0}$$

Sei L der Abstand Lichtquelle - Kondensor, also auch der Abstand Kondensor - Objektiv. Aus der Abbildung liest man ab

$$L = g + l = \frac{bf_0}{b - f_0} + l$$

Da das Bild des Heizwendels der Lampe im Objektiv entsteht muss gelten

$$\frac{1}{L} + \frac{1}{L} = \frac{2}{L} = \frac{1}{f_1} \;\rightarrow\; f_1 = \frac{L}{2} = \frac{bf_0}{2(b - f_0)} + \frac{l}{2}$$

wobei f_1 die Brennweite des Kondensors ist. Da das Heizwendel und sein Bild den gleichen Abstand L vom Kondensor haben ist der Abbildungsmaßstab genau 1.